

心を測り、心を評価する

—脳波を用いた感性評価データベース作成の試み—

諸岡 晴美（富山大学人間発達科学部）

1. はじめに

4人に1人が65歳以上という超高齢社会を間近に控え、健康に対する人々の関心は高く、健康食品の市場規模は8,000億円とも伝えられている。また、近年は、ストレス社会ともいわれ、若・中年年齢層においても癒しや心の快適性が訴求され、心身ともに“人にやさしい”モノづくりや環境づくりを目指した取組みが重要となっている。“人にやさしい”とはどのようなことを意味するのか。それは、「人がストレスを感じず、心身ともに心地よく快適な生活を遂行できること」であると捉えることができ、「心を測り、心を評価する」手法、すなわち「感覚を評価」する手法の確立が必要となる。

感覚評価の手法には、①計量心理学的アプローチ、②心理生理的アプローチがある¹⁾。前者は、人の感覚器官を測定器とし、言葉や大小関係・距離関係・比率関係等を尺度として、官能検査を行い、得られた評価値を統計解析する方法である。従来この手法がほとんどであったが、客観性が乏しく、かつ数量化が難しい、経時変化が捉えられないなどの課題を残している。後者は、感覚情報を生理反応として捉えるものであり、脳波、筋電図、眼球運動、心電図、連続血圧、血流量、呼吸代謝、発汗量、皮膚温、体温等の生理指標を用いる。この手法では、近年、非観血・小型の測定器が多く開発され、生理指標を測定する技術が大きく進展している。

心理生理的アプローチによる手法では、人間に影響を与える刺激（音、光、匂い、振動など）に対応した受容器（耳、目、口、鼻、皮膚）を通して受ける感覚（五感：聴覚、視覚、味覚、臭覚、体性感覚）に対する精神状態や心理状況を、誘起される生理－生体信号によって捉えようとするものである。

本研究は、環境の快適性評価における客観性、数量性、連続性、非言語性の確保を可能にすることを目的とし、脳波計測とその信号処理を用いて、心の状態や快－不快と脳波との対応関係を明らかにしようとするものである。本研究で用いる理論的裏付けは、(株)脳機能研究所の武者利光氏により提唱されているものである²⁾。武者氏提唱の感性スペクトル解析装置（ESA-16）を用いた場合、人の基本的な感情である喜怒哀楽、すなわち、喜び、怒り・ストレス・悲しみ・リラックスに関する既製のデータベースを使用して解析することができるが、筆者のこれまでの研究^{3～5)}から、刺激対脳波、脳波対心の関係が必ずしも一致しなかった。そこで、本研究では、独自に刺激対脳の反応のデー

データベースを作成して感性解析を行い、その妥当性を検証した。

2. 本研究における脳波解析と感性評価の考え方

筆者は、これまで、脳波と快－不快や感性との関係を脳波マップおよび%パワーなどを用いた検討についても行ってきたが^{3～5)}、α波やβ波の発生・非発生は、個人差が大きく、刺激に対する心と脳の状態は明確にできないことがわかった。心や感性の状態と脳の活動部位との関係を直接特定することは、現段階では技術的に困難である。脳活動には個人差があるが、脳の構造には個人差がなく、脳の場所的機能局在には共通性がある。脳内の情報処理ではネットワークの接続、すなわち、シナプスの on-off が重要な役割を果たすといわれている^{2,6)}。ネットワーク網の電気活動は、頭皮上電位の場所的な相関係数の変化として、捉えることができると考えられる。

以上の考え方にに基づき、本研究では、国際 10/20 法を用いて脳波測定を行い、電極間相互相関係数を用いて、感性を解析するためのデータベースの作成を行った。また、ストレス軽減の試みとして近年種々のセラピーが行われており、アロマセラピーもその一つである。そこで本研究では、匂い刺激に適用し、そのセラピー効果を脳波データから客観評価することにより妥当性の検証を行った。

3. 感性を定量的・客観的に評価するためのデータベースの作成

(1) 脳波測定

図 1 に示す国際 10/20 法、頭頂アース、右耳朶基準単極誘導により、頭部 10 カ所の脳波を測定した。測定した脳波データを 5.12 秒ごとに切り出し、α、β、θ 波の 3 帯域における 10 電極間の 2 個の組み合わせ (10C2) で合計 135 通り (=45 通り×3 帯域) の電極間相互相関係数を算出した。脳波測定および解析には、(株)エヌエフ回路設計ブロックの ESA-16 を用いた。

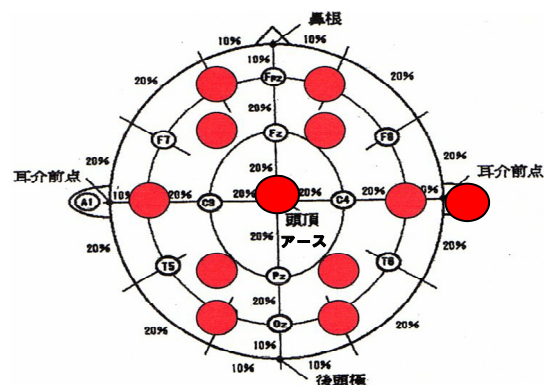


図 1 国際 10/20 法による電極配置

(2) 感性解析の学習アルゴリズム

学習アルゴリズムにかけて、(1)式を用いて感性マトリックス、すなわち感性データベースを得ることができる。

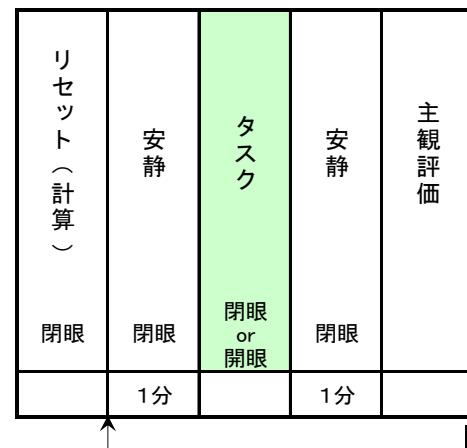
$$\begin{pmatrix} C_{1,1} & \cdots & C_{1,135} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{4,1} & \cdots & C_{4,135} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Y_1 \\ \vdots \\ Y_{135} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a_{01} \\ \vdots \\ a_{04} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \\ Z_4 \end{pmatrix} \quad \text{----- (1) 式}$$

ここで、 C_{ij} は感性マトリクス（データベース）、 Y_i は相互相関係数、 a_{0i} は定数、 Z_i は感性予測値を示す。今、 Z_1 の心の状態が対応した場合、 $Z_1=1$ 、 $Z_2=0$ 、 $Z_3=0$ 、 $Z_4=0$ とし、同様に、 Z_2 の心の状態が対応した場合、 $Z_1=0$ 、 $Z_2=1$ 、 $Z_3=0$ 、 $Z_4=0$ とし、順次、 C_{ij} を算出した。

(3) 実験方法

感性を客観評価するためのデータベースを作成することを目的として、イライラ感や喜びなどの人の感性を導出するタスクをかけ、その時の脳波を収集解析した。プロトコルを図2に、実施したタスクを表1に示す。

被験者は、実験室に入室後、電極を装着し、十分な休息をとった後、まず100から3ずつ減算するというタスクを実施し、リセットを行った。その後、1分間の安静→タスク→1分間の安静後、SD法による5段階主観評価を行った。評価項目は、「楽しい」「癒される」「ストレスを感じない」「気分の高揚がある」「イライラしない」「元気になる」の6項目である。被験者を成人女性10名とした。



繰り返し

図2 プロトコル

表1 導出したい感性と実施したタスク

記号	タスク	導出したい感性	内容
A	リセット(計算)	リセット	閉眼:100から3ずつ減算し、口答「100、97、94、・・・1」
B	飛蚊音	イライラ・不快感	閉眼:無(20秒)～小(10秒)～大(30秒)～小(10秒)～無(20秒) 開眼:大(10秒)～小(20秒) ※The Why Files Mosquitoes: Whine on the wingを基に作成
C	暗算	ストレス	閉眼:2桁の加算(8問) 開眼:2桁の加算(4問)
D	ヒーリング音楽	リラックス・癒し	閉眼:はじまりに戻りたい music by Mikako Tamura
E	お笑いDVD	興奮的な楽しさ	開眼:DVD人志松本のすべらない話2より「おかん」、その後:閉眼
F	おしゃべりロボット	癒し系の喜び	開眼:音声認識人形 おしゃべりたつくん(株)パートナーズ製その後:閉眼

(4) 主観評価結果

表1の各タスクにおける主観評価結果を図3に示す。飛蚊音では、最もイライラ感が導出され、お笑いDVDでは元気が出て気分の高揚があり、ヒーリング音楽では最も癒

されるなど、各タスクにおいて、実験者が意図した感性が導出されていることが確認された。

そこで、主観評価結果を主成分分析した結果、主成分1を「総合評価」、主成分2を「高揚感」と名付けて解析に用いた。累積寄与率は79%であった。

(5) 脳波感性評価データベースの作成

データベースの作成には、各タスクの閉眼時の脳波のみを用いることとした。60個（＝被験者10名×タスク6種）の主成分得点から、主成分1の最も高いものから順次10データを「V1: 総合評価がよい」、最も低いものから順次10データを「V2: 総合評価が悪い」として、学習アルゴリズムにかけてデータベースを作成した。

主成分2についても同様に、主成分得点の最も高いものから順次10データを「V3: 高揚感のある」、最も低いものから順次10データを「V4: 高揚感のない」として用い、データベースを作成した。

(6) 脳波データベースを用いた各タスクの感性評価

作製したデータベースを用いて、各タスクの全被験者の電極間相互相関係数を用いて、感性値V1、V2、V3、V4を算出した。眼の開閉によっては、各脳波帯域の%パワーが大きく異なるが、脳のネットワークとして捉える場合は、問題ないと考えられる。そこで本研究では、できるだけ多くのデータに適用するために、開眼時データも用い、全80データに適用した。ただし、お笑いDVDやおしゃべりロボットにおいては、身体を動かしたため開眼時データを除外した。

一方、脳波データにおいては、個人差が大きく合算して平均化することはできない。そこで、各被験者ごとに全タスクにおける脳波感性値のヒストグラムを作成し、ほぼ正規分布に近似しているのを確認後、素点を以下の式を用いて規格化した。

$$Z_i = \frac{X_i - \overline{X_i}}{\sigma_i} \quad \text{-----} \quad (2) \text{ 式}$$

ここで、 Z_i は規格値、 X_i は各タスクにおける素点、 $\overline{X_i}$ は被験者ごとのタスクの平均値、 σ_i は標準偏差である。

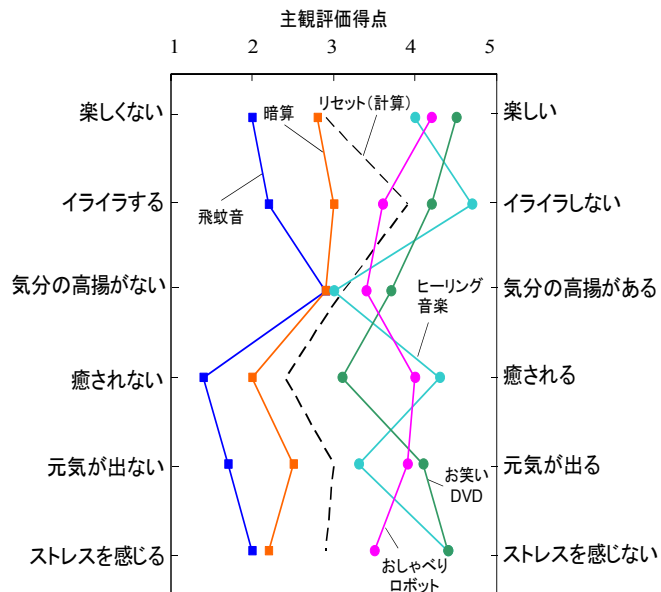


図3 各タスクの主観評価プロフィール

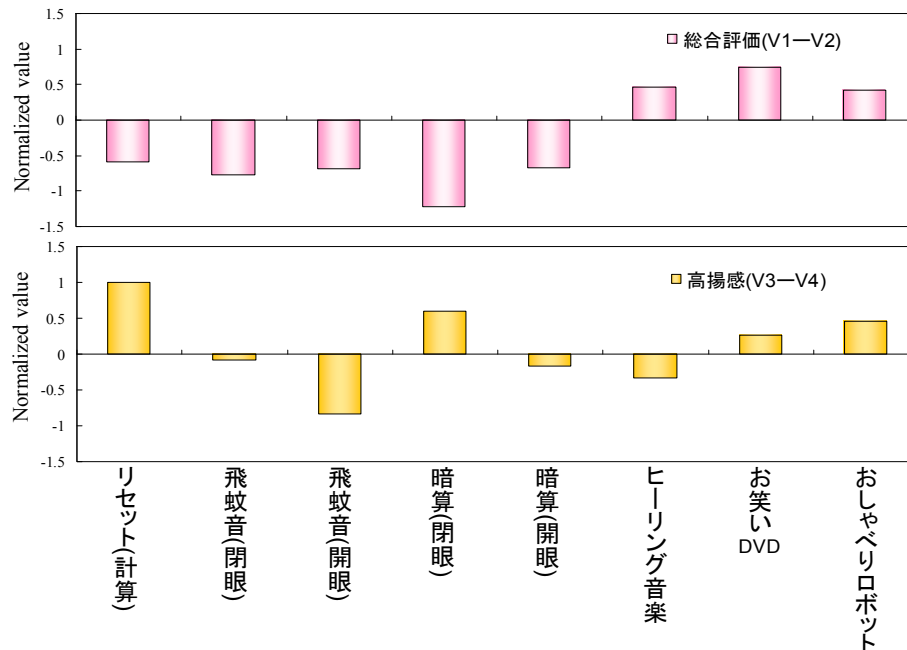


図4 作製した脳波感性評価データベースを用いて算出した各タスクの感性値

図4には、総合評価を（V1－V2）、高揚感を（V3－V4）として、被験者10名の平均値を示す。リセット時の計算タスク、飛蚊音（閉・開眼）、暗算（閉・開眼）で総合評価が低く、ヒーリング音楽、お笑いDVD、おしゃべりロボットで総合評価が高かった。また、リセット時の計算タスク、暗算（閉眼）、お笑いDVD、おしゃべりロボットで高揚感が高く、飛蚊音（閉・開眼）、暗算（開眼）、ヒーリング音楽で高揚感が低いという結果が得られた。

(7)「総合評価」における脳波感性評価値の精度

主観評価の主成分分析から得られた「主観的総合評価 FF1 (exp.)」を目的変数とし、脳波感性データベースを用いて算出した（V1－V2）および（V3－V4）を説明変数として、重回帰分析を行った。重回帰式を(3)式に示す。

$$\text{FF1(cal.)} = 2.1 (\text{V1-V2}) + 0.96 (\text{V3-V4}) + 0.02 \quad \text{-----} \quad (3) \text{ 式}$$

式から得られた総合評価予測値 FF1 (cal.)と主観評価値 FF1 (exp.) との関係を図5に示す。両者の相関係数は $R=0.95$ となり、かなり精度よく脳波データから感性値が予測できることがわかった。

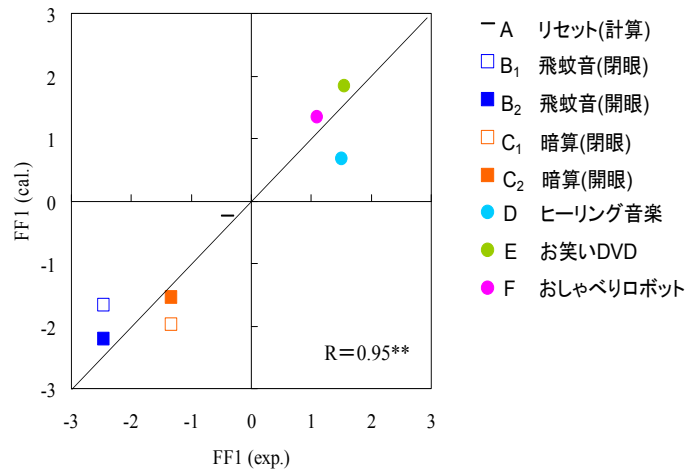


図5 主観的総合評価 FF1 (exp.) と総合評価予測値 FF1 (cal.) との関係

4. 試作脳波感性評価データベースの検証実験

香りのエッセンスや日常的な香り（匂い）など 13 種の匂いを用いて、成人男性および成人女性各 10 名を被験者として、前述と同様の方法で、匂い刺激中の脳波を収集・解析した。被験者は、実験者が提示した匂いを閉眼で 1 分間嗅ぎ、その後、開眼で主観評価を行った。これを 13 回繰り返した。また、実験者は、各匂い刺激間に、リセットのために、被験者にコーヒー豆の香りを嗅がせ、実験室の消臭を行った。

収集された脳波を 5.12 秒ずつ切り出し、各帯域における 2 個の電極間相互相関係数を求めた。次に、前述の試作データベースを用いて、「総合評価（V1-V2）」および「高揚感（V3-V4）」を算出した。結果を性別に図 6 に示す。

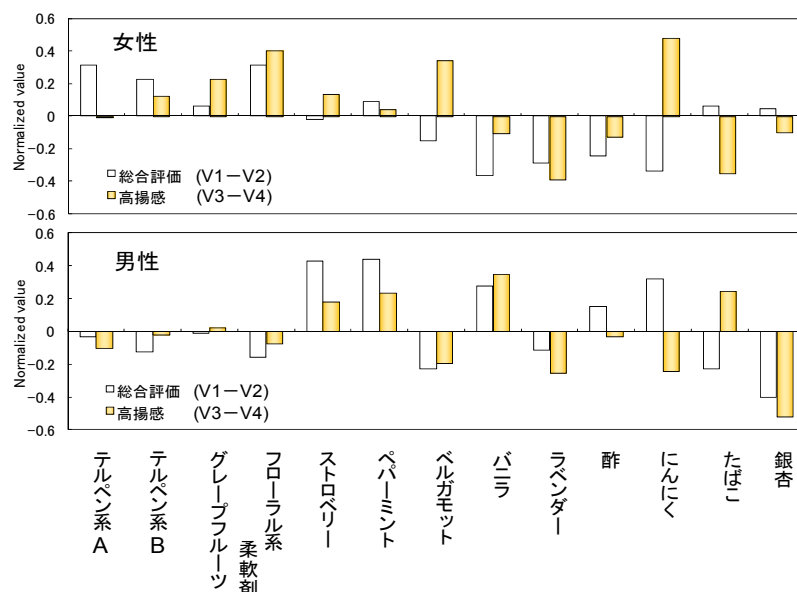


図6 匂い刺激を用いた時の脳波感性評価「総合評価（V1-V2）」および「高揚感（V3-V4）」

女性では2種のテルペン系、フローラル系柔軟剤の匂いで総合評価が高く、男性ではストロベリー、ペパーミント、バニラ、ニンニクの匂いで総合評価が高いなど、男性と女性の感性値はかなり異なっていた。高揚感においても違いがみられ、女性ではニンニク、フローラル系柔軟剤、ベルガモット、グレープフルーツで感性値が高く、男性ではバニラ、タバコ、ペパーミント、ストロベリーで感性値が高かった。

また、前項と同様に、主観的综合評価 F1 (exp.)を目的変数として、脳波感性値 (V1－V2) および (V3－V4) を説明変数として、重回帰分析を行い、次式を得た。

女性の場合

$$F1(cal.) = 2.33 (V1-V2) + 1.72 (V3-V4) - 0.33 \quad ---- \quad (4)$$

男性の場合

$$F1(cal.) = 1.09 (V1-V2) + 1.09 (V3-V4) - 0.11 \quad ---- \quad (5)$$

(4)式および(5)式を用いて算出した F1(exp.)と F1(cal.)との関係を図7に示す。両者の相関係数は、女性でR=0.53、男性でR=0.35であり、高い精度は得られなかった。しかし、詳細にみると、女性ではk：にんにく、l：たばこ、m：銀杏など×印で示す主観的综合評価の低かった匂いで誤差が大きい、その他のa～iではほぼ精度よく予測されている。すなわち、脳波測定から感性の数量化が可能となっていると判断される。一方、男性では精度が悪い。この原因として、本研究におけるデータベースが女性被験者のみで作成したことが考えられる。また一方、香水やアロマに示す関心度が女性に比べて男性が低く、匂いに対する脳反応が女性より鋭敏でないことも起因していると推察された。

以上、精度面に課題が残されているものの本研究手法を用いて感性解析の可能性を見出すことができた。

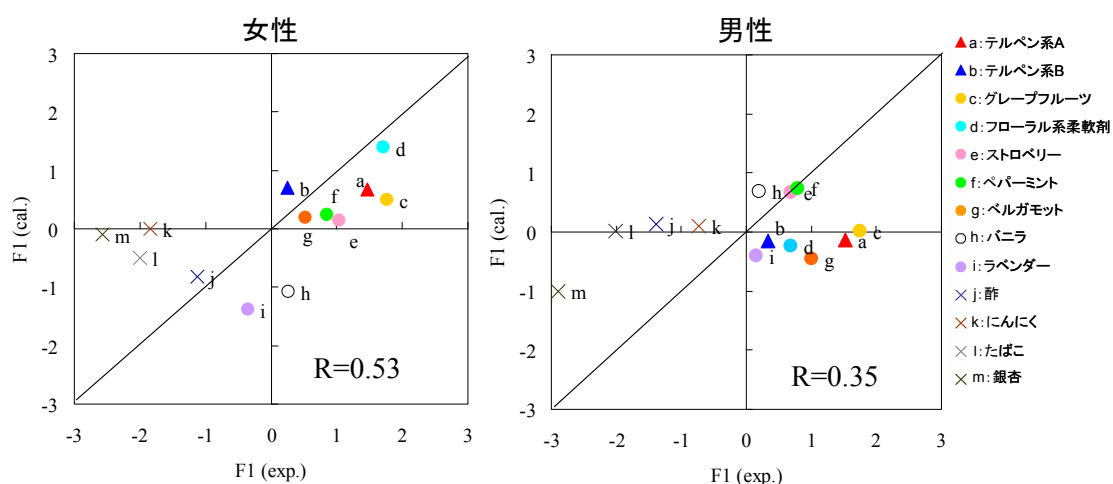


図7 主観的综合評価値 F1 (exp.)と脳波感性値 (V1－V2) および (V3－V4) を用いた重回帰式から算出された F1 (cal.)との関係

5. おわりに

本研究は、環境の快適性評価における客観性、数量性、連続性、非言語性の確保を可能にすることを目的とし、脳波計測とその信号処理を用いて、心の状態や快－不快と脳波との対応関係を明らかにすることを試みた。その結果、生理生体情報である脳波を用いて、各帯域の電極間相互相関係数を算出し、予め求めた感性解析データベースから快－不快や心の状態を客観評価できる可能性を見出すことができた。すなわち、刺激対脳波、心対脳波との関係性を明らかにし、感性を評価しうる可能性を見出すことができた。

しかし、課題も残されていることから、今後は、被験者やタスク数を増やすなど、さらに精度の良いデータベースを作成するよう検討していく必要がある。

最後に、本研究は、言葉で快－不快を表現できない高齢者や乳幼児の心の状態を知る上においても重要な役割を果たし、非常に意義あるものと考えられる。

参考文献

- 1) 小林茂雄：やさしい繊維の基礎知識，繊維学会編，第12章，感覚計測，191（2006）
- 2) 武者利光：「こころ」を測る，日経サイエンス，Vol.26，No.4，PP.20-29（1994）
- 3) 諸岡晴美他：脳波および心機能測定による香りの心理的影響，第17回繊維連合研究発表会講演予稿集，P.95（2008）
- 4) 諸岡晴美他：閉空間壁面に呈示した色彩が人の感性および自律神経に及ぼす影響，第17回繊維連合研究発表会講演予稿集，P.96（2008）
- 5) 諸岡晴美他：香りの主観評価と脳波解析を用いた感性評価，繊維学会予稿集，Vol.64，No.1，P.210（2008）
- 6) 荒賀 裕，武者利光：脳波による新たな感性解析法，第5回脳機能研究所ゼミナールテキスト（1999）